

Pengaruh Variasi Jarak Kolom Kapur dalam Stabilisasi Tanah Lempung Lunak pada Tinjauan Nilai Indeks Pemampatan Tanah (Cc)

Influence of Limes Column Variation Distance in Soft Clay Stabilization Based on Review of Compression Index Value (Cc)

Arwan Apriyono^{#1}, Sumiyanto^{#2}

arwan_civil00@yahoo.co.id

masumiyanto@yahoo.com

[#]Prodi Teknik Sipil Jurusan Teknik Fakultas Sains dan Teknik Universitas Jenderal Soedirman
Jl. Mayjend. Soengkono Km. 5 Blater Purbalingga, 53371

Abstract— Numerous buildings located in north area of Java Island encounter settlement problem. The settlement occurs because most of soil in the area is soft clay soil. The behavior of this soil is characterized by the large value of coefficient compression (Cc) and small value of bearing capacity. This condition causes potentially great consolidation settlement. In this research, limes column stabilization method will be applied to make soft clay soil better. Limes columns were expected to reduce Cc value therefore consolidation settlement decreases. This research was conducted through laboratory experiment, using box 100 cm in lengths, 40 cm in wide, and 40 cm in height. Three variations of diameters (5 cm, 10 cm, 15 cm) and three variations of distance of sample taken from outside of the limes column mould (10 cm, 20 cm, 30 cm) was applied in this research. Influence of limes column to the value of Cc was examined. The result of this research shows that limes column could significantly reduce Cc value. The Cc value decreases when the distance of sample taking place decreases. The average of Cc decline on three variations distance of column (10 cm, 20 cm, 30 cm) are 17.28%, 44.97%, 52.24% respectively. The most efficient distance of the limes column is 20 cm.

Keyword— soft clay, compression index, limes column, laboratory experiment, consolidation settlement

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Fenomena penurunan bangunan, banyak terjadi di daerah pantai utara pulau Jawa. Beberapa contohnya adalah fenomena penurunan bangunan di Pelabuhan Tanjung Emas dan Masjid Agung Semarang. Penurunan ini terjadi karena tanah di lokasi tersebut termasuk ke dalam jenis tanah lempung lunak (Apriyono, dkk, 2008). Pada suatu proyek bangunan, penanganan tanah lempung lunak biasanya dilakukan dengan mengganti tanah asli dengan tanah baru yang lebih baik. Tetapi apabila volume tanah lempung lunak sangat banyak, usaha stabilisasi tanah lebih direkomendasikan (Chan and Ibrahim, 2008).

Menurut Chan and Ibrahim (2008), stabilisasi adalah proses modifikasi kimia pada tanah, dengan menambahkan zat aditif tertentu pada kondisi kering ataupun basah, untuk meningkatkan kekuatan dan kekakuan tanah. Berbagai penelitian telah dilakukan untuk melakukan stabilisasi terhadap tanah lempung lunak. Bahan yang biasa digunakan sebagai zat aditif untuk stabilisasi tanah lempung lunak diantaranya adalah semen dan kapur. Berdasarkan penelitian yang

telah dilakukan oleh Apriyono (2008), diperoleh hasil bahwa kolom kapur dapat meningkatkan nilai koefisien konsolidasi (Cv) pada tanah lempung lunak sampai dengan 6 %. Marzano et al, 2008, menghasilkan kesimpulan bahwa kekuatan tanah lempung lunak meningkat apabila ditambah dengan semen dengan kombinasi pemanasan. Sedangkan penelitian yang dilakukan oleh Hassan (2008), menghasilkan kesimpulan bahwa semen dapat meningkatkan nilai modulus elastisitas tanah lempung lunak.

Dari penelitian-penelitian tersebut, dapat disimpulkan bahwa penggunaan kolom kapur merupakan salah satu alternatif pemecahan masalah, dalam menangani tanah lunak. Penelitian ini adalah kelanjutan dari penelitian-penelitian sebelumnya dengan menitikberatkan pada pengaruh jarak penyebaran kolom kapur terhadap perubahan nilai indeks pemampatan (Cc) tanah. Apabila jarak maksimal pengaruh penyebaran kolom kapur dapat diketahui, maka jarak antar kolom kapur efektif dapat ditentukan, sehingga akan sangat membantu dalam desain stabilisasi tanah lempung lunak.

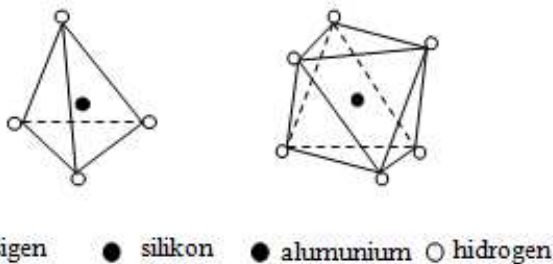
Tujuan dari penelitian ini, adalah untuk mengamati perubahan nilai indeks pemampatan (Cc)

pada tanah lempung lunak, yang distabilisasi dengan menggunakan kolom kapur, pada fungsi jarak antar kolom kapur. Nilai jarak antar kolom kapur yang paling efektif, untuk digunakan dalam usaha stabilisasi tanah dapat diketahui dari hasil penelitian ini.

B. Tanah Lempung Lunak

Tanah lempung lunak merupakan tanah lempung yang mempunyai nilai kapasitas dukung rendah dengan nilai indek pemampatan besar. Sebagian besar lapisan tanah lunak dibentuk dari proses alamiah berupa pelapukan batuan. Tebal, luas dan stratifikasi tanah lunak, sangat tergantung dari corak topografi dan geologi yang membentuk lapisan lunak (Apriyono, 2008).

Bahan utama penyusun tanah lunak adalah mineral lempung yang merupakan partikel aktif dengan ukuran sangat kecil ($< 2 \mu\text{m}$). Struktur mineral lempung terdapat dua blok bangunan fundamental, yaitu silika tetrahedral dan alumina oktahedral seperti dapat dilihat pada Gambar 1. Silika tetrahedral adalah struktur yang terdiri dari empat atom oksigen yang membentuk puncak tetrahedral dengan melingkupi satu atom silikon. Alumina oktahedral adalah struktur dengan satu atom alumunium dilingkupi oleh enam hidroksil yang membentuk bangunan oktahedron (Das, 1994).

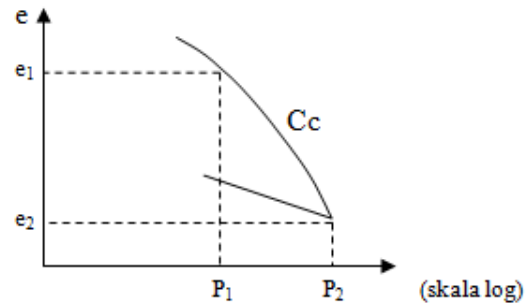


Gambar 1 Mineral-mineral lempung (Das, 1994).

Secara praktis, identifikasi tanah lunak bisa dilakukan dengan menggunakan pengujian in-situ seperti sondir dan *standard penetration test* (SPT). Suatu tanah dikategorikan sebagai tanah lunak apabila mempunyai nilai tahanan konus (q_c) kurang dari 10 atau nilai N SPT kurang dari 4 (Apriyono, 2008).

C. Indek Pemampatan Tanah (C_c)

Menurut Hardiyatmo (2007), indek pemampatan (C_c) adalah kemiringan dari bagian lurus grafik $e - \log P$. Nilai indek pemampatan menunjukkan kemampuan tanah dalam memampat, ketika terjadi peristiwa konsolidasi. Semakin besar nilai indek pemampatan, semakin besar pula pemampatan yang terjadi pada tanah ketika proses konsolidasi, sehingga penurunan yang terjadi akan semakin besar (Coduto, 1994). Secara lebih jelas penentuan nilai C_c dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2 Penentuan nilai indek pemampatan (Coduto, 1994).

Nilai C_c dapat dicari dengan Persamaan 1.

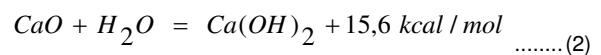
$$C_c = \frac{e_1 - e_2}{\log P_2 - \log P_1} \quad \text{.....(1)}$$

dengan,

- e_1 : angka pori beban P_1 ,
- e_2 : angka pori beban P_2 ,
- P_1 : beban awal, (kg/cm^2),
- P_2 : beban akhir, (kg/cm^2),
- C_c : indeks pemampatan.

D. Stabilisasi Tanah dengan Kolom Kapur

Stabilitas tanah dengan menggunakan metode kolom kapur, merupakan salah satu jenis stabilitas tanah secara kimiawi. Kapur aktif yang ditempatkan di lubang-lubang yang sebelumnya dibuat pada tanah lunak, akan mengabsorpsi air tanah dan menimbulkan reaksi hidrasi seperti ditunjukkan pada Persamaan 2 (Apriyono, 2008).



Dari Persamaan 2 akan terjadi pembentukan hidrat dan absorpsi kapiler, yang mengakibatkan peningkatan kekuatan tanah dan memperkecil penurunan. Kapur aktif yang telah mati, akan bereaksi dengan mineral lempung seperti montmorillinit, akan menetralkan muatan negatif lempung, sehingga kemampuan tanah dalam menyerap air akan berkurang (Bowles, 1989).

Proses stabilisasi dengan kolom kapur, memanfaatkan permukaan lubang, sebagai permukaan serapan kapur di dalam tanah. Diameter lubang yang kecil, akan memberikan permukaan serapan yang kecil sehingga proses stabilisasi terhadap daerah sekitarnya akan berjalan dengan lambat. Kolom kapur yang dibasahi dengan air, akan bereaksi lebih cepat dibandingkan dengan yang tidak dibasahi dengan air (Apriyono, 2008).

METODE

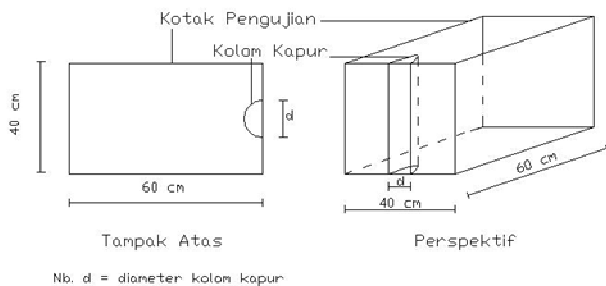
A. Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Mekanika Tanah, Program Studi Teknik Sipil Jurusan Teknik

Fakultas Sains dan Teknik Universitas Jenderal Soedirman. Sampel tanah diambil dari Desa Pekuncen Kecamatan Purwokerto Utara Banyumas. Identifikasi tanah lunak, berdasar pengujian sondir yang telah dilakukan oleh Lab. Mektan UNS, dimana nilai tahanan konus di lokasi tersebut sampai kedalaman 2,5 m sebesar 10 kg/cm^2 . Volume tanah yang diambil adalah 2 m^3 .

B. Alat dan bahan

Tempat pengujian berupa kotak, yang terbuat dari lempengan baja dengan panjang 100 cm, lebar 40 cm dan tinggi 40 cm. Di bagian bawah kotak pengujian diberi lubang yang dapat dibuka dan ditutup untuk mengatur keluarnya air. Secara lebih jelas, desain tempat pengujian dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3 Bak pengujian.

Bahan yang dipakai dalam penelitian adalah sampel tanah yang diambil dari Desa Pekuncen, Kecamatan Purwokerto Utara sebanyak 2 m^3 , dan kapur sebagai bahan stabilisasi. Pengujian dilakukan terhadap 3 variasi diameter kolom kapur yaitu diameter 5 cm, 10 cm, dan 15 cm. Dari masing-masing variasi diameter, akan diambil 3 sampel untuk pengujian konsolidasi. Sampel diambil pada jarak 10 cm, 20 cm, dan 30 cm dari sisi terluar kolom kapur.

C. Tahapan

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode eksperimen di laboratorium. Percobaan dilakukan di Laboratorium Mekanika Tanah Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Sains dan Teknik, Universitas Jenderal Soedirman. Secara umum, penelitian dibagi menjadi dua tahap pengujian sebagai berikut ini.

1) Pengujian Pendahuluan

Pengujian sampel tanah yang telah diambil dari lokasi, dikeringkan dengan menggunakan oven selama 24 jam, agar kadar air sampel $\leq 0 \%$. Sampel tanah yang telah kering, kemudian disaring dengan saringan nomor 4 ($D = 4.75 \text{ mm}$). Hal ini dimaksudkan agar kondisi tanah sesuai dengan tanah yang digunakan dalam pengujian standard proctor. Sebelum dimasukkan pada tempat pengujian, tanah dicampur dengan air, sehingga kadar air tanah sama dengan kadar air optimum yang dihasilkan dari pengujian standard proctor. Penambahan

air pada sampel tanah dapat dihitung dengan Persamaan 3.

$$V_w = \omega \cdot W_{tnh} \quad (3)$$

dengan,

V_w : Volume air yang akan ditambahkan pada tanah, (cm^3),

ω : kadar air optimum hasil pengujian *standard proctor*, (%)

W_{tnh} : Berat tanah yang akan dimasukkan dalam tempat pengujian, (kg).

2) Pengujian Utama

Sampel tanah yang telah disiapkan dimasukkan dalam tempat pengujian. Sebelumnya, pada bagian pinggir kotak pengujian dipasang cetakan kolom kapur yang berbentuk setengah lingkaran, dengan diameter menyesuaikan dengan diameter kolom kapur yang akan diuji. Pemasukkan tanah ke dalam kotak pengujian dilakukan secara berlapis. Setiap lapis memiliki tebal 5 cm setelah dipadatkan dengan menggunakan penumbuk standard proctor sebanyak 75 kali tumbukan. Pemasukkan sampel diteruskan hingga ketinggian tanah mencapai 30 cm padat. Hal ini dilakukan untuk menyamakan perilaku pemadatan tanah pada semua diameter kolom kapur.

Setelah pemadatan sampel tanah selesai, langkah selanjutnya adalah membuat kolom kapur dengan cara mengangkat cetakan, kemudian memasukkan kapur ke dalam lubang yang telah dibuat. Setelah dimasukkan, tanah didiamkan selama 24 jam dengan tujuan agar terjadi proses pengikatan ion Ca^{2+} dengan tanah.

Setelah 24 jam, tahap selanjutnya dilakukan proses penjenjuran terhadap sampel tanah. Proses penjenjuran dilakukan dengan cara memasukkan air ke dalam tempat pengujian hingga penuh, lubang tempat keluarnya air dalam kondisi tertutup. Hal ini dimaksudkan agar kapur dapat cepat meresap ke dalam tanah. Proses penjenjuran dilakukan selama 6 hari, dengan pertimbangan kapur memberikan efek yang signifikan, hanya sampai hari ke 6.

Sampel tanah yang telah dijenuhkan selama 6 hari, selanjutnya dibiarkan selama 24 jam. Lubang tempat keluarnya air dibuka agar kadar air sampel berkurang. Hal ini dilakukan agar sampel tidak terlalu lunak, sehingga mudah dibentuk untuk dilakukan pengujian konsolidasi.

Setelah 24 jam, diambil tiga sampel tanah pada jarak 10 cm, 20 cm, dan 30 cm dari sisi terluar diameter kolom kapur, untuk dilakukan pengujian konsolidasi. Pengujian konsolidasi dilakukan untuk mengetahui nilai indeks pemampatan tanah.

Proses pengujian utama dilakukan untuk ketiga variasi diameter yaitu 5 cm, 10 cm, dan 15 cm. Pengujian konsolidasi juga dilakukan terhadap satu

sampel tanah sebelum proses stabilisasi dimulai pada salah satu diameter saja. Sehingga akan dilakukan sepuluh kali pengujian konsolidasi, yang akan menghasilkan sepuluh nilai indeks pemampatan untuk dibandingkan.

3) Analisis Hasil

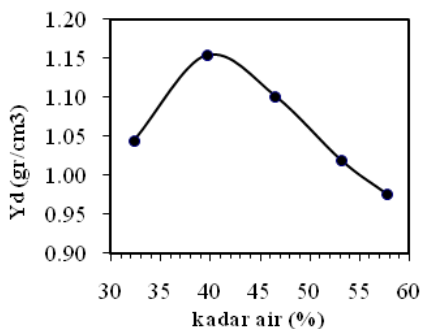
Analisis hasil dilakukan dengan membandingkan nilai indeks pemampatan tanah pada kondisi tanpa kolom kapur dengan nilai indeks pemampatan tanah pada kondisi setelah distabilisasi dengan kolom kapur. Hasil analisis disajikan dalam bentuk grafik hubungan antara jarak pengambilan sampel dan nilai indeks pemampatan untuk masing-masing diameter. Prosentase perubahan nilai indeks pemampatan untuk setiap kenaikan jarak pengambilan sampel dapat diketahui dari hasil analisis ini, sehingga akan dapat diketahui nilai jarak kolom kapur efektif.

HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Hasil Uji Pendahuluan

Dari pengujian pendahuluan terhadap sampel tanah diperoleh nilai specific gravity tanah sebesar 2,67. Sedangkan berdasarkan pengujian analisis butiran dan uji batas konsistensi tanah, dapat disimpulkan bahwa sampel tanah diklasifikasikan ke dalam tanah lempung inorganik berdasarkan sistem klasifikasi USCS.

Pengujian standard proctor menghasilkan nilai kadar air optimum tanah sebesar 40 %, dengan γ_d maksimum 1,15 gram/cm³. Secara lebih jelas, grafik hasil pengujian standard proctor dapat dilihat pada Gambar 4.

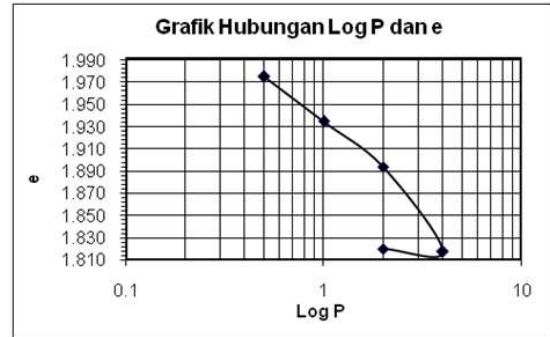


Gambar 4 Grafik hubungan ω - γ_d .

B. Hasil Uji Utama

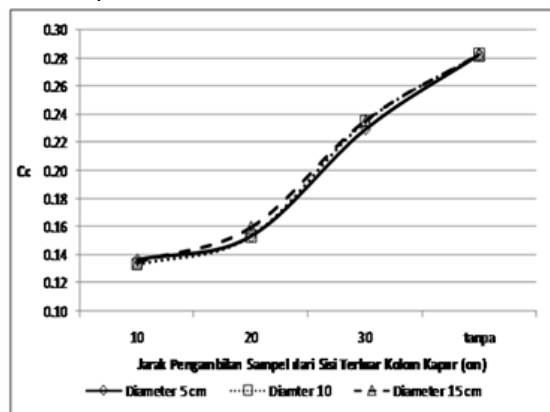
Pengujian utama dilakukan untuk mengetahui nilai C_c tanah, setelah dilakukan stabilisasi dengan menggunakan kolom kapur. Dari ketiga variasi jarak pengambilan sampel untuk tiga variasi diameter yang berbeda akan diperoleh sembilan nilai C_c . Nilai C_c tanah, tanpa stabilisasi kolom kapur juga dicari, untuk digunakan sebagai pembanding. Jenis pengujian yang dilakukan untuk mendapatkan nilai C_c adalah pengujian konsolidasi. Hasil pengujian konsolidasi, disajikan dalam

bentuk grafik hubungan antara nilai beban dalam skala logaritma ($\log P$) dan nilai angka pori (e). Nilai C_c merupakan kemiringan dari bagian lurus kurva e - $\log P$. Gambar 5 merupakan contoh hasil pengujian konsolidasi untuk diameter kolom kapur 5 cm pada jarak pengambilan sampel 10 cm dari titik terluar kolom kapur.



Gambar 5 Contoh hasil pengujian konsolidasi.

Perbandingan nilai C_c untuk semua nilai jarak pengambilan sampel pada masing-masing nilai diameter kolom kapur, dapat disajikan dalam bentuk grafik dan dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 6 Grafik hubungan variasi kolom kapur- C_c .

Dari Gambar 6, dapat dilihat bahwa kolom kapur dapat menurunkan C_c tanah. Semakin kecil jarak pengambilan sampel, nilai C_c menjadi semakin kecil pula. Apabila dibandingkan dengan nilai C_c tanpa stabilisasi kolom kapur, maka selisih nilai C_c untuk jarak pengambilan sampel 30 cm adalah 0.0487/17,28% (rerata dari ketiga diameter). Adapun untuk jarak pengambilan sampel 20 cm dan 10 cm secara berurutan adalah 0.1269/44.97% dan 0,1474/52,24%.

Nilai C_c mengalami penurunan yang signifikan pada jarak pengambilan sampel 20 cm (44,97 %). Dapat dilihat juga, gradien penurunan sudah mulai berkurang pada jarak pengambilan sampel 10 cm. Jarak pengambilan sampel mencapai nilai optimal pada kisaran angka 20 cm dan jarak antar kolom kapur yang efektif berada pada kisaran jarak 20 cm.

KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Dari hasil analisis dan pembahasan dapat ditarik beberapa kesimpulan sebagai berikut ini.

- 1) Penggunaan kolom kapur dapat menurunkan nilai C_c ada tanah lunak secara signifikan.
- 2) Semakin kecil jarak pengambilan sampel, nilai C_c akan menjadi semakin kecil pula.
- 3) Jarak antar kolom kapur yang efisien berdasarkan penelitian berada pada kisaran angka 20 cm.

B. Saran

Saran yang dapat diberikan penulis untuk keberlanjutan penelitian ini adalah sebagai berikut.

- 1) Perlu dilakukan penelitian lanjutan dengan semakin memperkecil beda jarak pengambilan sampel, sehingga akan semakin memperjelas nilai jarak antar kolom kapur yang paling efektif.
- 2) Perlu dilakukan penelitian tentang pengaruh kolom kapur terhadap kecepatan penurunan konsolidasi.

DAFTAR PUSTAKA

- Apriyono A, Sumiyanto, Adhe Noor PSH 2008, Studi Pengaruh Stabilitas Tanah Lempung Lunak Menggunakan Kolom Kapur Terhadap Parameter Kecepatan Penurunan Tanah, Jurnal Dinamika Rekayasa, Vol 4 No 1, pp. 1-5.
- Bowles J.E, 1989, Foundation and Analysis Design, Civil Engineering of Bradley University, Mc Graw Hill Company, New York
- Chan C.M & Ibrahim K.A, 2008, Ground Improvement with Cement-Rubberschip Stabilization, International Workshop on Geotechnic of Soft Soil, Glasgow, Scotland, 3-5 September 2008.
- Chan C.M & Ibrahim K.A, 2008, Using soft clay modified with cement-agricultural wastes as road construction materials, International Conference on Transportation Geotechnic, Nottingham, UK, 25-27 Agustus 2008.
- Coduto, 1994, Foundation Design Principle and Practices, Prentice Hall, New Jersey.
- DAS B.M., 1994, Principle of Foundation Engineering, PWS-KENT Publishing Company, Boston
- Hardiyatmo H.C, 2007, Mekanika Tanah 2 Edisi Ke 4, Gadjah Mada University Press: Yogyakarta.
- Hassan M.M & Ravaska O, 2008, Strength and Permeability Characteristics of Cement Stabilized Soft Finnish Clay, International Workshop on Geotechnic of Soft Soil, Glasgow, Scotland, 3-5 September 2008.
- Maszano, 2008, Influence of Curing Temperature on The Strength of Cement Stabilized artificial clay, International Workshop on Geotechnic of Soft Soil, Glasgow, Scotland, 3-5 September 2008.